

## 巻頭言

# 鋼橋の守護神：塗料で、丈夫で美しく長持ち

京都大学学際融合教育研究推進センター  
宮川 豊章



## 橋

ダム・アンパンマン説という考え方がある。ダムがその溜め込んでいる水の一部を放流することによって流域の安全を守ることは、アンパンマンが自分の顔の一部を飢えている人に食べさせて救うことに対応しているというものである。水資源機構の國居さんから教えていただいた。しかし、アンパンマンの頭はジャムおじさんによって取り換えられるが、ダムに代表されるインフラはそうはいかない。水だけならまだ良いが、インフラそのものの一部を提供あるいは失うなど、言い換えれば劣化されては困る。丈夫で美しく長持ちする必要があるのである。

それは橋にあっても同様である。橋にはアンパンマン以上の社会的および文化的な背景がある。橋は端であると言う人もおられ、我々の住む俗世界の端であり、俗と聖の狭間に位置するとも言われる。また、白川静さんによると、橋の字の喬は高樓の上に呪飾としての表木をたてて、神を招く意味を持つ。しかも高く横さまに揚げることを言うらしい。どちらにしても民俗学的にも重要で重い意味を持つようである。しかも、実用的な利便性は言うまでもない。そのようなものは丈夫で美しく長持ちしなければならない。

## 材料特性

大学で講義していたころ、材料の性質の成り立ちとその構造物への影響をよく話した。インフラを構成する材料を、構成要素のつながり、つまり結合から見て、強さ、変形の基本、欠陥などを説明するのである。鉄鋼であれば、転位、熱変態、腐食について述べた。高分子材料であれば、樹脂・ゴム・繊維の3種類があることを構造から述べ、炭素鎖構造間のファン・デル・ワールス力、ガラス転移温度に注目させた。セメントコンクリートについては、その化合物組成、水和反応、大小の隙間、拡散問題に触れた。

これらの材料の基本は本質的なものである。本質的とは応用が利くということである。これらの本質を踏まえて初めて材料の性質が理解でき、これらの材料を用いた構造の性能を把握できる。土木技術者で、材料屋と構造屋に分けて考える人がいる。しかし、材料を理解しない構造は夢の世界の話であるし、構造を把握しない材料は全く無意味である。これらは分別することは不可能であり、してはならないのである。

鋼は転位によって降伏し強度を把握できる。耐久性は腐食あるいは割れが重要である。高

分子材料の強度は炭素の鎖構造にもよるがむしろ鎖構造相互間のファン・デル・ワールス力が支配的であろう。したがって、ガラス転位温度が極めて重い意味を持つ。耐久性的には、その使用環境から紫外線などが注目される。このような材料の基本を知って鋼を主体とする鋼橋、フェイズは違うが高分子材料が主体となり鋼橋を守る塗料の性質をいろんな形で把握することができる。

## 塗料の役割

幕末に日本に現れた黒船は木製である。ピッチを塗装してあったため黒く見え今に至るまで、多くの人に鋼製だと勘違いさせた。木材も良い材料であるが、木材は水を通しやすくしかも継ぎ目で漏水する可能性があり、また鋼と同様に腐るという弱点がある。そのために防水材としてピッチが塗装されたのである。もっともこのような黒船は江戸時代より以前16世紀からすでに来航していて、織田信長も見ているはずである。

鉄鋼材料にも腐食するという極めて大きな弱点がある。その防止のため塗料が用いられる場合が多い。したがって塗料の第1義的な役割は防食である。塗料によって構成される塗装は鋼の守り神でなければならないのである。腐食性物質が鋼表面に至る経路の遮断である。しかし、それ以外にも多くの役割がある。自然との調和、車のドライブ環境、快適な環境づくりのための色彩（美装）としての役割がある。また、道路標識、避難場所の標示、航空標識の色などとして標識としての記号性、視認性もまた要求される場合がある。また、遮熱効果などが期待されることもある。

ここで、鋼橋を対象とした場合、塗料による塗装は以下のような特徴を有している。①あらゆる大きさ・形状の部材に対応、②腐食状況に応じた仕様の選択が可能、③補修が容易で原型復帰が可能、④適切な維持管理で供用年数の延長が可能、⑤塗替時期の判断が比較的容易で維持管理し易い、⑥雨筋汚れ防止や貼り紙防止等、他の機能も付与可能、⑦仕上色が自由に選択できるため景観調和に優れる、などである。もっともこれはあくまで贅沢な希望であり、すべてを均等に満足させることは難しい。

## 鋼構造物への塗装に関する最近の技術動向

近年の技術開発の動向としては以下の4つがあげられる。①防食下地として金属溶射を用いた塗装仕様の採用、②各種素地調整技術の開発、③耐久性予測のための促進倍率算出、④塗替え塗装での剥離方法、剥離塗膜の処理などである。

塗替え塗装が要求される鋼橋は数多い。しかし、鉛系さび止め塗料中の鉛、一部の塩化ゴム系塗料中の可塑剤としてのPCBなどが問題となり、剥離方法が問題となっている場合が多いが、亜臨界水の利用などが期待されている。東京タワーは、1958年12月23日竣工した。5年毎に塗替え実施され、現在10回以上の塗替え塗装が行われた。第1回の塗替えから中塗り・上塗りは長油性フタル酸樹脂塗料での仕上げであって、60年以上経過しても良好な状態を維持しているのである<sup>1)</sup>。塗装においては塗替え塗装を含めたシステムで対応する必要がある。

そのためにも、塗替え塗装のための既存塗膜の剥離手法の確立がきわめて重要であろう。

### 耐久性予測のための促進倍率算出

しかし、最も大きな課題は耐久性問題である。明確な耐久性を確認するためには現実の環境下での長期の検討が必要であるが、所要時間がきわめて長くなり、塗料開発に有効に活かすことが難しい。そのため促進劣化試験が種々考案されている。しかし、屋外暴露耐候性試験と促進劣化試験の関係はいまだに明確ではない。

塗料（塗膜）の耐久性評価は屋外暴露による耐候性試験評価が最も有効である。しかし、結果を得るまでに長期間を必要とすることは当然として、暴露環境によって結果が異なる場合さえある。劣化を加速させることを意図とした促進試験である、促進耐候性試験（例：キセノンやSUN WOM）は、①試験条件が一定のため再現性は高く、②短時間で試験結果が得られる。しかし、評価結果を迅速に得ることはできるが、対象となる樹脂や色相により劣化傾向は異なり、複雑な自然現象を完全にシミュレートするのは困難なのである。

日本塗料検査協会では、重防食塗装系の暴露試験に対する耐複合サイクル防食性試験の促進倍率に関する検討など促進倍率に関する検討を鋭意続けているところである（写真参照）。なお、日本塗料検査協会については、まだご存じない方も多いようである。塗料に関する日本で唯一の第三者検査機関である。ニュース・マガジンVague（日塗検ニュース）を発刊しており、WEB SITE（<https://www.jpia.or.jp>）でご覧いただければ幸いである。



暴露場（御前崎暴露場）



複合サイクル試験装置

### シナリオデザイン

我が国における橋梁を代表とするインフラは、環境変動による地球温暖化下に対する緩和策と対応策が要求されている。緩和策としては環境に調和するとともにLCC・LCCO<sub>2</sub>が小さく、廃棄物が少ないことが良い。対応策は強靱化に尽きる。しかも、インフラ新設がまだまだ要求されていることに加えて、急激に増大する高齢化インフラに対しても対策が要求される。これらを少子高齢化社会で対応しなければならないという厳しい制約条件下にあるのである。

そのような場面においては、社会資本のメンテナンスのために塗装を含めた防食技術の更なる向上が求められている。鋼橋にふさわしい塗料・塗装の使用シナリオが要求されているのである。従来の手法にこだわらずに様々な方法に目を向け、また、あらゆる視点から検討・研究を行い、技術が確立されることを期待している。補修・補強あるいはアップグレードという目的を達成させるため、設計・施工・維持管理・補修および補強に対して最適と思われる塗装シナリオを組み立てることが重要であろう。

## 参考文献

- 1) 大澤悟, 本橋健司: 東京タワーの塗装による維持保全, 日本建築学会技術報告集, Vol.20, No.45, pp.483-486, 2014.6.
- 2) 後藤俊吾, 後藤宏朗: 重防食塗装系の暴露試験に対する耐複合サイクル防食性試験の促進倍率に関する検討, Vague (日塗検ニュース), No.141, pp.23-32, 2019.10.